

## **УПРАВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**В.В. Шевченко**

**Национальный технический университет «ХПИ»  
(Харьков, Украина)**

Основными требованиями к технологии создания, передачи и распределения электроэнергии относятся требования снижения потерь электроэнергии на всех этапах ее создания, транспорта и распределения, повышение ее качества, увеличение пропускной способности электрических сетей и надёжности электроснабжения потребителей. Все это требует качественных изменений в технике производства и распределения электроэнергии. Практически все промышленно развитые страны интенсивно проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области поиска новых способов производства и распределения электроэнергии. Требования к управляемости, надёжности, экономичности можно выполнить при системном анализе технологической схемы электростанций на базе новых технических решений для каждой части единого процесса от превращения первичного энергоресурса в рабочий пар до выработки электроэнергии турбогенераторами (ТГ), согласно возможностям средств автоматического управления частотой и активной мощностью.

В настоящее время продолжают оставаться напряженными режимы работы электростанций, сохраняется достаточно сложная топливная проблема, возрастает трудность управления энергосистемами в связи с большим количеством недостаточно маневренных энергоблоков тепловых, в том числе и атомных, электростанций. При этом недостаточное внимание к вопросам компенсации реактивной мощности приводит к значительному росту потерь электроэнергии в электрических сетях. Наибольшая энергетическая эффективность обеспечивается за счёт эффективного использования средств компенсации реактивной мощности, к которым следует отнести:

- расширение диапазона регулирования величины тока возбуждения турбогенераторов;
- применение синхронных компенсаторов;
- более широкое использование синхронных двигателей, работающих в режиме, как перевозбуждения, так и недовозбуждения;
- установление регулируемых батарей статических конденсаторов;
- использование статических тиристорных компенсаторов.

Наиболее оптимальным решением является компенсация реактивной мощности возле потребителей, осуществляемая в настоящее время в основном регулируемые и нерегулируемые конденсаторными батареями в сочетании с фильтрами токов высших гармоник. Однако этот способ не решает проблем ни по объему компенсации, ни по характеру (конденсаторные батареи преимущественно являются только добавляющими элементами), ни по объему реактивной мощности, которая подлежит компенсации, ни по улучшению качества электроэнергии. К значительной несинусоидальности напряжения и тока приводит одновременное сочетание нескольких факторов:

- наличие высших гармоник во внешней питающей сети;
- повышенное напряжение из-за небаланса реактивной мощности;
- наличие тиристорных возбудителей турбогенераторов и отклонения в их работе. Наличие высоких гармоник в спектре напряжения определяется несимметричной работой регуляторов по фазам, что свидетельствует о несовершенстве ранее используемых методов регулирования реактивной мощности в сети и необходимости внедрения новых методов и оборудования.

В промышленно развитых странах вопросам компенсации реактивной мощности уделяют большое внимание. В частности, во Франции, Великобритании, Швеции, Германии мощность конденсаторных установок достигает 35 % установленной активной пиковой мощности ТГ, в США и Японии – 70 %. В отдельных энергетических компаниях США мощность установленных компенсирующих устройств составляет 100 % от мощности ТГ. При этом наблюдается общая тенденция уменьшения выдачи генераторами электростанций реактивной мощности. В среднем значение коэффициента реактивной мощности  $\operatorname{tg}\varphi$  в режиме максимальных нагрузок в большинстве стран поддерживается, в зависимости от номинального напряжения сети, равным  $0,2 \div 0,4$ , что соответствует  $\cos\varphi = 0,92 \div 0,98$ . Например, в последние годы во многих энергосистемах США распределительные электрические сети в режиме максимальных нагрузок работают с  $\operatorname{tg}\varphi = 0$ , т.е. с  $\cos\varphi = 1$ , что соответствует выработке в сеть только активной энергии. Т.е. генераторы не добавляют в энергосеть реактивную мощность, что разгружает ее в определенной степени от реактивных токов.

Высокое качество регулирования частоты в энергообъединениях Запада достигается благодаря достаточным резервам генерирующих мощностей в энергосистемах, их высоким динамическими свойствами за счет участия в регулировании большого числа станций, работой регуляторов скорости турбоагрегатов с высоким быстродействием и малыми зонами нечувствительности. Причем для максимального эффекта

качество и скорость регулирования мощности в объединенных энергосистемах должны быть не просто высокими, но и одинаковыми. Адекватная реакция энергоблоков на изменение нагрузки важна также для локализации аварийных возмущений, которые можно разделить по частотному спектру на высокочастотные (с периодом менее 1 мин), низкочастотные (с периодом колебания до 5 мин) и инфранизкочастотные (с периодом колебания более 5 мин). Высокочастотные составляющие колебаний мощности называют "шум" системы и их целесообразно ограничивать, т.к. они, как правило, имеют небольшую амплитуду и не угрожают устойчивости связи. Низкочастотные колебания мощности имеют большую амплитуду и связаны с реальными обменами мощностью. Возмущающие воздействия, возникшие в какой-либо точке энергообъединения, распределяются между станциями в соответствии со значениями рабочих напряжений и удаленностью станций от места возмущения. После этого генераторы начинают замедляться в зависимости от полученного наброса мощности и инерционности агрегата. Изменение взаимных углов нагрузки вызывает дополнительные перетоки мощности, «качание» генераторов и достаточно постепенное выравнивание мгновенных значений частоты. После снижения частоты дополнительная нагрузка перераспределяется обратно пропорционально статизму регуляторов скорости. На практике при этом происходят тяжелые системные аварии на больших территориях и в крупных энергосистемах даже в очень удаленных точках системы.

Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) ТГ при использовании в законе управления вектора скорости и больших коэффициентах усиления позволяет обеспечить требуемые динамические характеристики работы ТГ с частотами выше 0,8 Гц. Для более низкочастотных колебаний АРВ не эффективно из-за недостаточного ресурса управления. Автоматические регуляторы частоты вращения малоэффективно демпфируют такие колебания из-за их низкого быстродействия. Новые возможности появились с разработкой управляемых статических компенсаторов реактивной мощности, которые, кроме обеспечения требуемого баланса реактивных мощностей и поддержания уровня напряжения, при соответствующих законах регулирования могут эффективно демпфировать, как локальные колебания, так и системные. Также весьма перспективно решение вопроса регулирования баланса реактивной мощности за счет изменения режимов работы ТГ и перевода части из них в режим синхронных компенсаторов.